

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-098106

(43)Date of publication of application : 30.03.1992

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

(21)Application number : 02-216017

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 16.08.1990

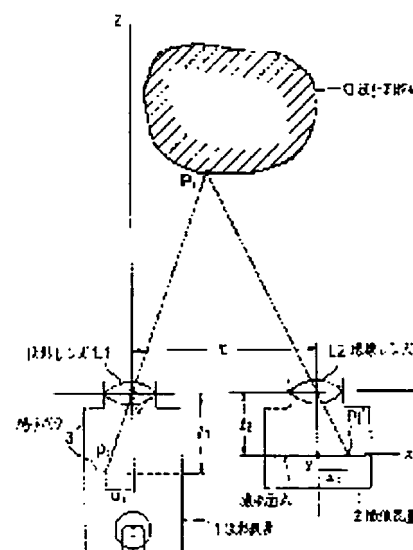
(72)Inventor : TAMAMURA YOSHIKI

(54) THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASURING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To uniformly enable measurement without being restricted by the size of a measured object by projecting a lattice pattern constituted by slit rows on the measured object, and by detecting a slit image having a maximum brightness.

CONSTITUTION: The position of the image projected by the ray of light passed through a slit P_i in a lattice pattern 3 on a measured object O through a projecting lens L1 is made to be P_i . This image is formed at a point P_i' on an imaging plane A through an imaging lens L2, in an imaging device 2. At that time, by measuring the position X_i of the image of the point P_i on the imaging plane A, the three-dimensional coordinates of the point P_i on the measuring object O can be calculated. Thus, not only the three-dimensional position of a point on the object along the slit image but also that of an arbitrary point on the object situated in the space between slit images can be measured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-98106

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)3月30日

G 01 B 11/24

C

9108-2F

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 10 頁)

⑮ 発明の名称 3次元形状計測方法

⑯ 特 願 平2-216017

⑰ 出 願 平2(1990)8月16日

⑱ 発 明 者 玉 邑 嘉 章 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 澤 井 敬 史

明 細 書

1. 発明の名称 3次元形状計測方法

2. 特許請求の範囲

(1) 符号系列に従って色の照明輝度が横のピッチ方向に一定の割合で変化するように特徴づけたスリット列で構成される符号化格子パターンを被計測物体に投影し、これを撮像した画像からのスリット像を検出し、色輝度値を比較して色符号を抽出し、その抽出したスリット像の色符号の系列を復号することにより、各々のスリット像を投影格子のスリットに対応づける第1の工程と、該工程でもって対応づけられたスリット像に含まれる点に対して、当該スリット像の色符号に対応する色成分の輝度値を計測し、当該スリット像内の極大／極小輝度値とから、上記画像内の点の位置を上記投影格子パターン面上の位置に対応づける第2の工程とにより被計測物体の位置と形状を計測することを特徴とする3次元形状計測方法。

(2) 符号系列に従って色またはスリット開口幅、

照明輝度等の変化により特徴づけたスリットが等間隔に配置された第1の符号化格子投影パターンと照明輝度が横のピッチ方向に一定の割合で変化するように特徴づけた第2の投影パターンを用い、上記第1の符号化格子投影パターンを被計測物体に投影し、これを撮像した第1の画像から各々スリット像を検出し、上記色またはスリット開口幅、照明輝度等の特徴を比較することにより符号を抽出し、その抽出したスリット像列の符号系列を復号して各々のスリット像を上記第1の符号化格子投影パターンのスリットに対応づける第1の工程と、上記第2の投影パターンを被計測物体に投影し、これを撮像した第2の画像を得、当該画像の任意の点における輝度値と当該任意の点に隣接する上記第1の画像における2本のスリット像の位置に各々対応する第2の画像の輝度値により、第2の画像の任意の点を符号化格子投影パターン面の位置に対応づける第2の工程とにより被計測物体の位置と形状を計測することを特徴とする3次元形状計測方法。

特開平 4-98106(2)

(3) 周期的に照明輝度が横のピッチ方向に一定の割合で変化するように特徴づけた第2の投影パターンと、該第2の投影パターンにおける上記照明輝度の周期的な変化の位置を移動することによって構成された第3の投影パターンとを用い、当該第2及び第3の投影パターンを各々被計測物体に投影し、第2及び第3の画像を撮像し、前記請求項(2)記載の第1の工程により第1の符号化格子投影パターンの隣接するスリットに各々対応づけられた第1の画像内の隣接したスリット像及び当該スリット像間の任意の点における画像の輝度値について、上記対応づけられた符号化格子投影パターン面のスリットの位置が、上記第2および第3の投影パターン面において、照明輝度が極大もしくは極小値付近とならないような、上記第2もしくは第3の投影パターンに対する第2もしくは第3の画像を選択してそれぞれ計測し、上記画像内の任意の点を前記第1の符号化格子投影パターン面上の位置に対応づける第2の工程により被計測物体の位置と形状を計測することを特徴とす

- 3 -

しかしながら、前者の方法では、スポット光やスリット光を走査してその輝度画像を撮像しなければならないため、計測に時間がかかり、動いている物体の計測などが困難であるという問題があり、また後者のモアレ法では、物体の凹凸の判別や、位置や形状の絶対計測が難しいという問題がある。

上記の問題を解決する方法として、空間的または時間的に符号化したパターン光を被計測物体に投影する方法が提案されている。これらの方法では、被計測物体を撮像した画像から光像の符号を解釈し、それぞれの光像が投影パターンのどの部分からの光によるものであるかを対応づけるようになされており、この結果三角法により物体の3次元位置や形状の絶対計測が可能になる。

上記の空間的に符号化したパターンを投影する方法には、スリット列を透過光の像の濃度、スリット開口幅、スリット長などの変化により特徴づけて符号化する方法(A)や、透過率や色が一定に変化するようにしたパターンを用いる方法(B)な

る3次元形状計測方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は符号系列に従って色またはスリット開口幅、照明輝度等を変化させたスリット列により構成される格子パターンを被計測物体に投影し、当該物体を撮像した画像のスリット像とその符号を検出することによって、非接触で3次元物体の位置と形状を計測する方法に関する。

(従来の技術)

従来より、物体の3次元位置や形状を計測するための種々の技術が開発されてきている。とくに光を用いた計測法は非接触で計測できることから、工業、医療などの分野で広く利用されている。

この種の計測法にも種々の方法があるが、スポット光やスリット光を物体に照射して撮像した光像の位置から3次元位置を計測する方法、格子パターンを照射した物体を同様な格子を通して観測するモアレ法、などが従来からの代表的な方法である。

- 4 -

どがある。

(発明が解決しようとする課題)

上述した従来の前者の方法(A)では、撮像した画像から検出した夫々のスリット像の色や濃度、スリット開口幅やスリット長などの特徴から符号を抽出し、これを復号して投影したスリットと対応づけを行うことにより物体の3次元位置や形状を計測する。しかし、この方法では、スリット列を使用しているため、スリットが投影されている部分しか計測できないために、物体の形状を把握しにくいという問題がある。

これに対して、後者の方法(B)では透過率や色が一定に変化するようにしたパターンを用い、撮像した画像の輝度や色により、投影パターンに対応づける方法をとっているため、パターンが投影された物体が観測できるかぎり、物体上の任意の点の3次元位置を計測することができるという特徴がある。ただし、この方法では画像から輝度や色のわずかな変化を識別する必要があるため、撮像装置のノイズの影響を受けやすいという問題があ

- 5 -

- 6 -

特開平 4-98106(3)

る。また、前者方法(A)の符号化スリット列を用いるのに比べて、計測できる物体の大きさも制限される。

一方、複数の符号化したパターン光を時系列的に投影する方法(C)でも、種々の符号化方法が提案されている。この方法の大きな問題は、時系列的に複数の画像を観測する必要があるため、動きの早い物体などに適用するのが難しいことである。

(発明の目的)

本発明は上述した従来の方法(A)、(B)及び(C)の問題点を解決し、スリット列により構成される格子パターンが被計測物体に投影されている物体の一部のみでなく、パターン投影及び撮像観測可能であるような領域については、一様にかつ高速に非接触で計測できる3次元形状計測方法を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

本発明は上記課題を解決し目的を達成するため、符号系列に従って色の照明輝度が横のピッチ方向に一定の割合で変化するように特徴づけたスリ

ット列で構成される符号化格子パターンを被計測物体に投影し、これを撮像した画像からのスリット像を検出し、色輝度値を比較して色符号を抽出し、その抽出したスリット像の色符号の系列を復号することにより、各々のスリット像を投影格子のスリットに対応づける第1の工程と、該工程でもって対応づけられたスリット像に含まれる点に対して、当該スリット像の色符号に対応する色成分の輝度値を計測し、当該スリット像内の極大／極小輝度値とから、上記画像内の点の位置を上記投影格子パターン面上の位置に対応づける第2の工程とにより被計測物体の位置と形状を計測することを特徴とする。

(作用)

本発明は符号系列に従って色、またはスリット開口幅、照明輝度等を変化させたスリット列により構成される格子パターンを被計測物体に投影し、これを撮像して得られる画像から、輝度の最も高いスリット像を検出して、その特徴から符号を抽出し、復号によりこれらを投影パターンのスリッ

- 7 -

ットに対応づけることにより、スリット像上の点の3次元位置を計測するとともに、スリット像の間隔部分の点については、その点の輝度や像などの特徴を検出し、隣接するスリット像の計測値を補間することにより、3次元位置を定める。

この結果、スリットが投影されている物体の一部のみでなく、パターン投影および撮像観測可能であるような領域については、物体の大きさに制限されることなく一様に計測することができるほか、高速な3次元物体の計測方法を実現することができる。

(実施例)

第1図は本発明方法を実施するための計測装置の基本的な構成図である。図において、1は格子パターン3を被計測物体Oに投影するための投影装置、2は被計測物体を観測するための撮像装置、3はスリット列などより成る格子パターン、L1、L2はそれぞれ投影装置1の投影レンズおよび撮像装置2の撮像レンズである。図のように構成された装置により、3次元計測を行う原理を簡単に

- 8 -

説明する。

図に示すように、格子パターン3のあるスリット p_i を通った光が、投影レンズL1により被測定物体O上に投影された像の位置を p_i とする。この像が撮像装置2において、撮像レンズL2を通して、撮像面A上の点 p_i に結像しているとす。このとき、点 p_i の像の撮像面A上での位置 x_i を計測することにより、被計測物体O上の点 p_i の3次元座標が算出できる。図のように、投影レンズL1の中心を原点に、光軸をZ軸とする座標系を定めると、点 p_i の座標値(X_i , Y_i , Z_i)は次式により与えられる。

$$\left. \begin{aligned} X_i &= x_i Z_i / \ell_i \\ Y_i &= y_i Z_i / \ell_i \\ Z_i &= D \ell_i \ell_2 / (u_i \ell_2 + x_i \ell_1) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

ただし、 ℓ_1 は投影レンズL1と格子パターン3間の距離、 ℓ_2 は撮像レンズL2と撮像面A間の距離、Dは投影レンズL1と撮像レンズL2の中心間の距離である。また、 u_i は格子パターン

- 9 -

- 10 -

特開平 4-98106(4)

3 中で注目しているスリット p_i と投影レンズ $L1$ の光軸との間の距離であり、格子パターン 3 のピッチを p 、投影レンズ $L1$ の光軸から数えたスリット p_i の番号を i とすると、 $u_i = p \times i$ である。

第 1 図の計測装置により物体の 3 次元位置や形状を計測を行うためには、(1) 式から明かな如く、撮像したスリット像の座標値 x_i と、投影されたスリットの格子パターン 3 の面上での座標値 u_i 、もしくはスリット番号 i が測定されなければならない。このとき、投影格子パターン 3 が多数のスリットから構成されていると、撮像されたスリット像が、それぞれ投影格子のどのスリットに対応しているかを知らなければならない。

第 2 図は本発明の一実施例である第 1 図の格子パターン 3 の構成例である。第 2 図(a)に示すように、格子は一定の間隔 p を有するスリット列で構成され、一定の符号系列、例えば 3 次元の最大長系列符号に従って、それぞれ R (赤) G (緑) B (青) の色で特徴づけされている。

- 11 -

走査して得られた輝度レベル I_R は、第 2 図の格子パターン 3 の光学的な特性を反映し、周期的に変化している。

第 3 図(b)は、R 成分について輝度レベル I_R の変化の例であるが、G 成分および B 成分の輝度レベルも、図と同様に周期的に変化する。従って、R G B 各成分のどれかの輝度レベルが極大になるような位置を求め、この位置における R G B 各成分の輝度レベルを比較することにより、各々のスリット像の色符号を抽出することができる。

このようにして抽出された、第 3 図(a)の格子像全体の色符号系列と、第 2 図(a)の投影格子パターンの符号系列とから、それぞれ符号長の長さの部分符号系列を取り出して、これらが一致するかどうかを調べる。

上述のように、投影格子パターンが最大長系列符号等で符号化されていれば、符号系列中に符号長の長さの部分符号系列は、ただ一度しか現れない。従って、各々の部分符号系列が一致すれば、当該部分符号系列に含まれるスリット像は、一致した投影格子

また、同図(b)に示すように、スリットとスリットの間隔は、左側のスリットの色の照明輝度が一定の割合で変化するように色づけされている。このようにして構成された格子パターンを、第 1 図の計測装置によって物体上に投影し、撮像装置 2 によって画像を撮像する。

第 3 図は撮像装置 2 によって得られた画像の一例及び輝度レベルの変化例であって、第 3 図(a)は第 2 図(a)の如き格子パターンを投影した物体の画像(これを格子像とよぶ)の例を、第 3 図(b)は当該画像の縦方向(y 方向)の位置を一定(y₀)にして、R (赤)成分を横方向(x 方向)に走査したときの輝度レベル I_R の変化の例を、それぞれ示したものである。ただし、対象物体は、色や模様の変化がなく、光学的な特性が均一であるとする。

次に第 3 図(a)の如き画像から、被計測物体 O が 3 次元物体の 3 次元位置および形状を算出する方法について説明する。対象の被計測物体の表面に色や模様がなく、光学的に均一ならば、第 3 図(b)の如き、第 3 図(a)の画像の R 成分を x 方向に

- 12 -

パターンの部分系列のスリットに、各々対応していることになる。このような処理は復号と呼ばれ、空間的に符号化した格子を投影する方法では、基本的なものである。

この復号処理により、各々のスリット像を投影格子に対応づけることができ、(1) 式から当該スリットが投影された物体の 3 次元座標が求められる。しかしながら、このようにして計測できるのは、投影されたスリット像に沿った物体上の点である。すなわち、スリットとスリットの間隔にある物体上の点は、上記の復号処理からでは、計測することができない。

一方、第 2 図(b)に示したように、スリット間隔は色で特徴づけされているが、その際、左端の色の照明輝度が最大でかつ、右端の色の照明輝度が最小となるようにし、それらの間はある一定の割合で照明輝度に変化するようになされている。

このような投影格子パターンの照明輝度の変化に対応して、第 3 図の撮像画像の輝度レベルも変化し、第 3 図(b)のように、スリット像の輝度レ

- 13 -

- 14 -

特開平 4-98106(5)

ベル I R には、左端に極大値が、右端に極小値が現れる。

いま、上記の復号処理によって投影格子に対応づけられた、i 番目のスリット像に着目する。当該スリット像の色符号に相当する色成分の画像（例えば R 成分の画像）を走査して、第 3 図(b)に示すように、着目しているスリット像の極大値と極小値の輝度レベルを求め、これをそれぞれ I_{ix} , I_{im} とし、画面上での x 座標値を、それぞれ x_{ix} , x_{im} とする。着目しているスリット像は、上記の復号処理により、投影格子スリットに対応づけられているから、第 1 図の投影格子パターン 3 の面上における当該スリット間隙の両端の座標値 u_{ix} , u_{im} が自明であり、これのスリット間隙の両端は、上記のスリット像の極大／極小の輝度レベルをとる点 x_{ix} , x_{im} に、ほぼ対応している。

従って、 $x_{ix} \leq x_{ix} < x_{im}$ であるような、画面上上の任意の x 座標値の点の輝度レベルが I_{ix} であるとき、この点の投影格子パターン 3 面上の座標値 u_{ix} は、次式により推定できる。

$$u_{ix} = \frac{u_{ix} - u_{im}}{I_{ix} - I_{im}} (I_{ix} - I_{im}) + u_{im} \quad \dots\dots(2)$$

従って、(1) 式より物体の 3 次元位置を求めることができ、第 1 図の Z 座標について示すと、

$$Z_{ix} = D \ell_x \ell_y / (u_{ix} \ell_x + x_{ix} \ell_y) \quad \dots\dots(3)$$

となる。

以上説明したように、第 2 図の如く構成された格子パターン 3 を被計測物体 O に投影し、これを撮像して第 3 図の如き 1 枚の画像を得ることにより、スリット像に沿った物体上の点ばかりでなく、スリット像の間隙にある任意の物体上の点の 3 次元位置も計測できることになる。

上記の場合、第 2 図(a)のようなスリット間隙の照明輝度を变化させた投影格子パターンを使用したこの方法によれば 1 枚の撮像画像のみから、対象物体の 3 次元位置を計測できるという特徴がある。しかし、一方で第 3 図(b)のような画像の輝度レベルの变化は、第 1 図の計測装置の光学系、物体の奥行きや光学的な性質など、様々な要因に

- 15 -

によって影響を受けるため、投影格子パターンの照明輝度の变化を忠実に反映しなくなることがある。

このような場合には、上述のスリット像の輝度レベルが極大または極小になる画面上の点 x_{ix} , x_{im} と、投影格子のスリット間隙の両端点 u_{ix} , u_{im} との対応に誤差が生ずるため、上記(2)式および(3)式に基づいた 3 次元位置の算出が困難になる。

本発明は、このような問題を解決するため、第 4 図に本発明の他の実施例による格子パターンの構成例を示す。これは被計測物体に投影するための投影格子パターンの構成例である。ここでは、図に示すように、2 種類の投影パターンを使用する。第 4 図(a)は、オン／オフの繰り返しより成るスリット列の投影格子であり、従来の方法と同様に符号系列に従って、色づけされている。第 4 図(b)は、一定の割合で照明輝度が変化するようになされたパターンであって、例えば、図の例では左から右に照明輝度が減少するようになされ、これが 2 回繰り返されている。第 4 図(c)は投影

- 16 -

パターンの横方向に対する照明輝度の变化を示した図である。

第 4 図(a)および(b)のように構成された 2 種類のパターンを被計測物体 O に別々に投影し、画像を撮像する。この時撮像した画像と、その画像を走査して得られた輝度レベルの变化の例を第 5 図に示す。図において、(a)は色で符号化した格子パターンを投影した時の画像の例であり、(b)は当該画像を横方向(x 方向)に走査したときの、R G B 色成分の輝度レベルの变化の例、(c)は第 4 図(b)の照明輝度を变化させたパターンを投影して得られた画像を、(b)と同様な位置で走査したときの、輝度レベルの变化の例である。

第 4 図(a)の符号化格子パターンを投影して得られた第 5 図(a)の如き画像から、スリット像が投影されている物体表面の 3 次元座標を計測する方法は、既知である。すなわち、第 5 図(a)の画像を横方向に走査すると、(b)に示すようにスリット像に対応して、周期的に山谷が現れるため、輝度レベルの山の部分の中心位置からスリット像

- 17 -

- 18 -

特開平 4-98106(6)

の中心画像座標を、当該画像座標のRGB成分の比較により色符号を、それぞれ抽出することができる。抽出した色符号を並べた符号系列を上記と同様の復号処理によって、投影格子のスリットに対応づけることができる。

一方、第4図(b)の如き照明輝度が一定の割合で変化するようなパターンを投影した画像を走査すると、第5図(c)のように輝度レベルが変化する。対象とする被計測物体Oの表面の光学的な性質が均一であるなら、このような輝度レベルの変化は、被計測物体の位置および形状に依存している。従って、第5図(b)から抽出して隣接するスリット像の画面座標が、 x_i, x_{i+1} であり、かつ、上記復号処理により、これらの投影格子面での座標が、 u_i, u_{i+1} であることがわかったとすると、 $x_i \leq x \leq x_{i+1}$ であるような画面座標に対応する投影格子面での座標値uは、(2)式と同様に、

$$u_x = \frac{u_i - u_{i+1}}{(1_i - 1_{i+1})} (1_i - 1_{i+1}) + u_{i+1}, \quad \dots\dots(4)$$

- 19 -

の差を正確に計測することが必要である。しかしながら、画像の輝度レベルは、計測装置の電気的特性や、計測条件、被計測物体の性質などの影響を受けやすいため、これらの影響をできるだけ小さくするように、投影するパターンを選択する必要がある。

これには、①照明輝度の変化の割合の大きいパターンを使用し、ノイズによる影響を小さくする、②対象物体の色や模様による影響を避けるため、例えば均一な照明輝度のパターンを投影した画像を用いる。などの方法がある。これらについて、以下に具体的に説明する。

第1図の計測装置において、格子パターンの投影装置1の光源の明るさは決まっているので、パターンの照明輝度の変化の割合を大きくするには、投影パターン面を細かく分割して、分割した範囲で照明輝度が最大から最小まで変化するようにするのがよい。しかし、上記第2図の実施例で述べたように、光学系によるコントラストの低下などの影響によって、画像から輝度が極大／極小にな

ただし、 $1_i, 1_{i+1}, 1_x$ はそれぞれ x_i, x_{i+1}, x における輝度レベルである。すなわち、互いに隣接したスリット像に対応するスリットの投影格子面座標から、これらのスリット像の間隙の任意の点の格子面座標が算出できるので、(1)式により被計測物体の3次元位置を求めることができることになる。

以上説明したように、符号化格子パターンと、一定の割合で照明輝度に変化するようになされたパターンをそれぞれ被計測物体に投影して、各々に対して画像を撮像することにより、これらの画像から、被計測物体の3次元座標や形状を計測することができる。

また、本実施例では、一定の割合で照明輝度に変化するパターンを投影した画像の輝度レベルの変化を抽出すればよいので、第2図の実施例の場合のように、輝度レベルの極大／極小を検出するときに生ずる誤差の問題がないという利点がある。

上記の方法においては、画像を走査した輝度データから、連続したスリット像位置の輝度レベル

- 20 -

のような位置や輝度レベルを正確に求めることが困難である。

これを解決するための投影パターン例を第6図に示す。同図(a)、(b)は、第4図(c)と同様に、投影パターンの横方向に対する照明輝度の変化を示したものであり、最大照明輝度をとる位置が交互に異なるようになされている。一方、第4図の他の実施例と同様に、色などで符号化した格子パターンを投影した画像を処理することにより、スリット像の投影格子面座標値 u_i が求められる。

また、隣接したスリット像間にある任意の点に対応する投影格子面座標値 u_x は、照明輝度が一定の割合で変化する投影パターンを照射した画像の輝度レベルを計測することにより、(4)式に従って求められる。上記2種類の投影パターンをそれぞれ物体に照射した画像を撮像し、これらの画像から輝度レベルを計測するに際して、着目しているスリット像の格子面座標値が、照明輝度が極大／極小となる位置よりも遠い投影パターンに対応する画像を選択する。

- 21 -

- 22 -

特開平 4-98106(7)

すなわち、第6図の例において、スリット像の格子面座標値 u_i が、 $u_i \leq u_i < u_i$ のときには、パターン(a)に対応する画像を、 $u_i \leq u_i < u_i$ のときにはパターン(b)に対応する画像を、……、の如く選択し、当該画像から、(4)式に必要な輝度レベルを計測する。以上の手段により、投影パターンの照明輝度の極大／極小付近を避けて、計測が可能になる。

なお、上記の例では第6図の如き2種類の投影パターンを別々に照射した2枚の画像を使用した。第6図(a)、(b)のパターンにそれぞれ異なった色を割り当てることにより、色パターンを構成すれば、当該色パターンを照射した1枚の色画像を撮像するだけでよい。ただし、この場合には、色分離の完全な撮像装置などを用いることにより、当該色画像から第6図の2種類パターンに対応する画像が抽出できることが必要である。

一方、画像の輝度レベルは照明光ばかりでなく対象とする被計測物体の色や模様にも大きく影響されている。この種の影響を除くには、例えば、

照明輝度が均一になるようなパターンを投影した画像を基準として、輝度レベルを補正する。すなわち、上記(2)、(3)、(4)式における画像の輝度レベル I を、計測すべき画像の輝度レベルと、前記均一な照明輝度の投影パターンを照射した画像の輝度レベルとの比に置き換えればよい。

なお、以上の説明では第1図のパターン投影装置および撮像装置の構成に関しては、言及しなかったが、例えば、パターン投影装置に電子的な制御が可能な投影型プロジェクタを、撮像装置にTVカメラを用い、それぞれコンピュータに接続して、投影パターンの制御や、カメラから入力した画像の処理を行えば、高速な計測を期待できる。

(発明の効果)

以上説明したように本発明によれば、符号化格子パターンを被計測物体に投影して、これを撮像した画像をもとに、物体の3次元的な位置や形状を計測するに際して、照明輝度が一定の割合で変化するようにされたパターンを同時に投影することにより、上記格子パターンのスリット光が投影

- 23 -

されている部分ばかりでなく、画像内に撮像されている、スリット光とスリット光の間の物体表面の任意の位置をも、計測することができる。

すなわち、従来の方法では、上記符号化格子パターンのスリット光に沿った計測しかできないため、被計測物体全体の形状を把握することが難しいという問題があり、これに対処するために、例えば、計測したスリットデータを補間して欠落した形状データを推定するなどの手段がとられる。しかし、この場合、補間によりどのように推定するかが難しい問題であるし、またその処理にも時間がかかることになる。これに対して本発明では、上記のような補間処理を行わないで、スリット間のデータを直接計測することができることになる。

また、本発明によれば、符号化格子などの数値の投影パターンを対象物体に投影した画像を、撮像するだけでよいので、写真として記録することも容易である。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明方法を実施するための計測装置

- 24 -

の基本的な構成図、第2図は本発明の一実施例である第1図の格子パターンの構成例を示す図、第3図は第1図の撮像装置に得られた画像の一例及び輝度レベルの変化例を示す図、第4図は本発明の他の実施例による第1図の格子パターンの構成例を示す図、第5図は第4図の2種類の格子パターンを物体に投影したときの画像の一例及び輝度レベルの変化例を示す図、第6図は周期的に照明輝度を一定の割合で変化させた2種類の投影パターンの照明輝度分布の一例である。

1 … 投影装置、 2 … 撮像装置、 3
… 格子パターン、 O … 被計測物体、
L1 … 投影レンズ、 L2 … 撮像レンズ。

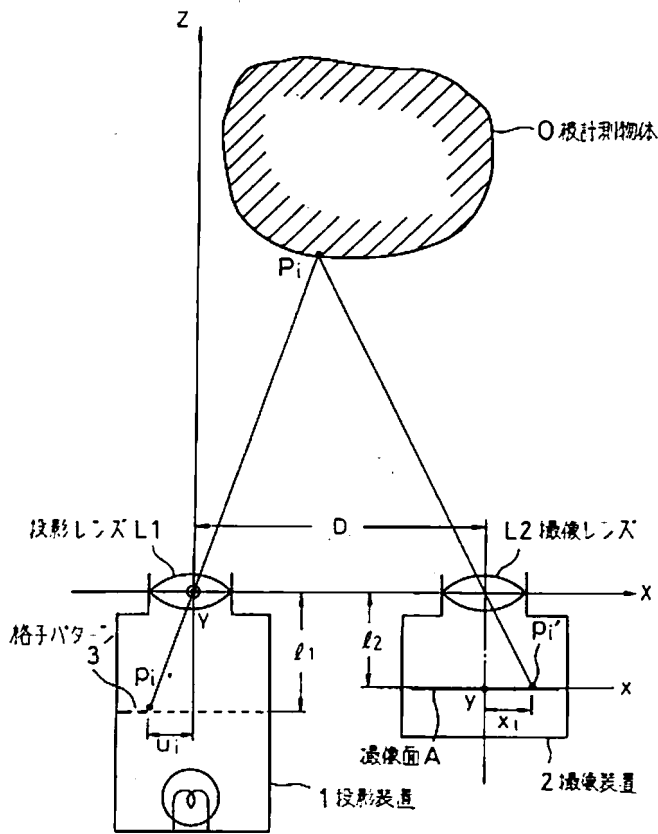
特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 辰野恒司

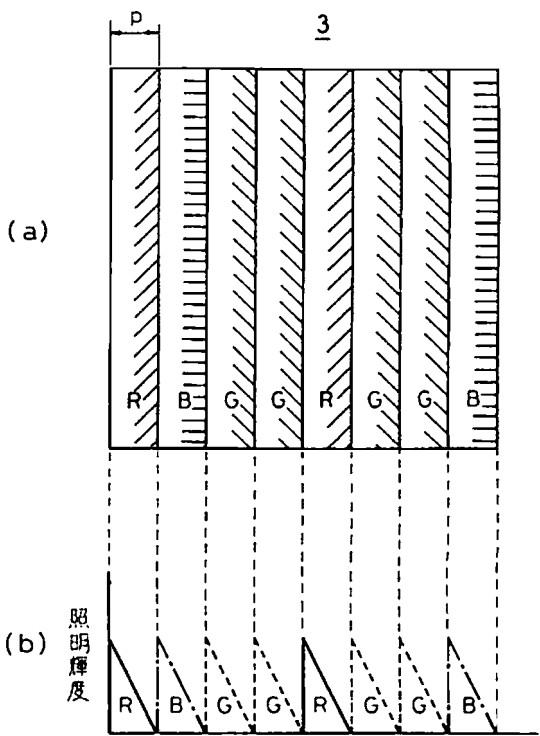
- 25 -

- 26 -

第 1 図

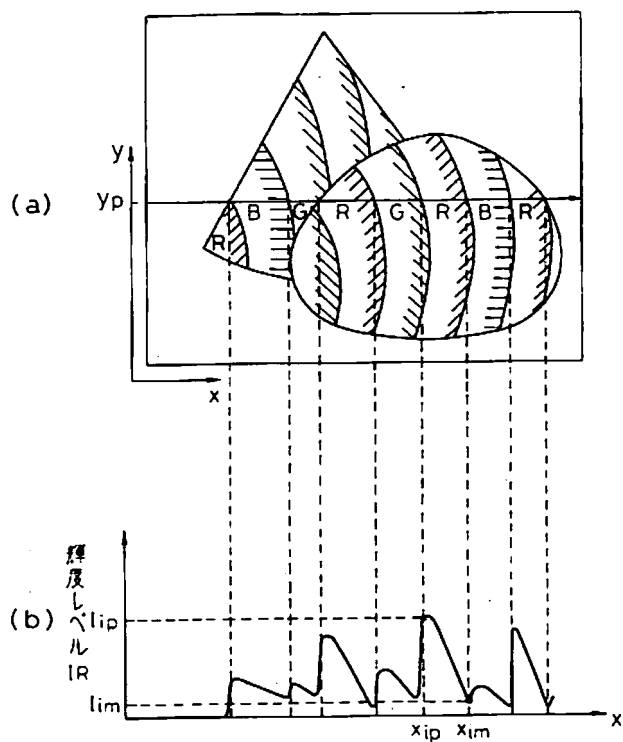


第 2 図

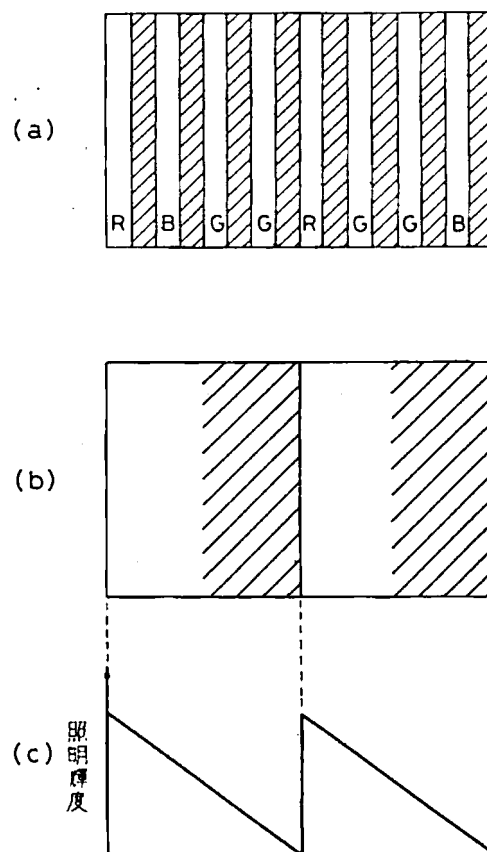


特開平 4-98106(9)

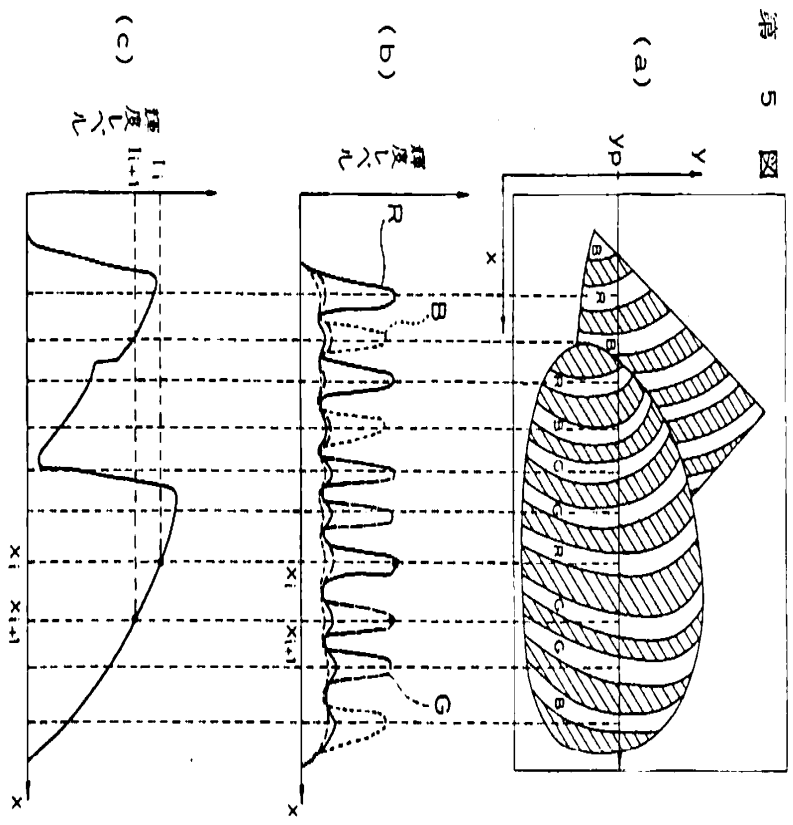
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

